

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

10/523764



REC'D 11 NOV 2003

WIPO

PCT

EP/03/8080

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 10 195.0

Anmeldetag: 06. März 2003

Anmelder/Inhaber: PACT XPP Technologies AG, München/DE

Bezeichnung: Datenverarbeitungsergebniserzielungsweg-
optimierungsverfahren

IPC: G 06 F 15/177

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 29. August 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Letang

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



Deutsche Patentanmeldung

Anmelder: PACT XPP Technologies AG
Muthmannstrasse 1
D-80939 München

Vertreter: Patentanwalt
Claus Peter Pietruk
Heinrich-Lilienfein-Weg 5
D-76229 Karlsruhe
Vertreter-Nr. 321 605

Titel: Datenverarbeitungsergebniserzielungsweg-
optimierungsverfahren

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft das oberbegrifflich Beanspruchte und geht somit ein auf Konfigurationen für multidimensionale Prozessorfelder.

Konfigurierbare multidimensionale Prozessorfelder sind bekannt. Sie umfassen eine Vielzahl von Logikzellen, die über Leitungen miteinander verbindbar sind. In den Logikzellen können eingehende Daten manipuliert werden, um dann über die internen Busse an weitere Zellen oder einen Prozessorfeld-Ausgang geleitet zu werden. Indem den Logikzellen wechselnde Aufgaben wie Addition, Multiplikation, Division, logische Vergleiche usw. zugewiesen und die Leitungen zur Verbindung der einzelnen Logikzellen aktiviert oder getrennt werden,

kann das multidimensionale Prozessorfeld zur Ausführung bestimmter Datenverarbeitungsaufgaben konfiguriert werden.

Die Art und Weise, wie ein gegebenes Prozessorfeld für eine vorgegebene Weise konfiguriert werden muß, ist nicht eindeutig. Dies gilt insbesondere dann, wenn es sich um komplexe Felder handelt, bei denen etwa zumindest zum Teil in den Leitungen Register vorgesehen sind und weiter mit diesen insbesondere auch Additionen und/oder Vergleiche von Daten durchzuführen sind, wie dies auch in arithmetische Logikeinheiten (ALUs) aufweisenden Logikzellen des Feldes der Fall sein kann.

Verwiesen wird bezüglich des bevorzugten Aufbaus von Logikzellenfeldern auf die XPP-Architektur und vorveröffentlichte sowie jüngere Schutzrechtsanmeldungen des vorliegenden Anmelders, die zu Offenbarungszwecken vollumfänglich eingliedert sind. Erwähnt seien somit insbesondere die

DE 44 16 881 A1, DE 197 81 412 A1, DE 197 81 483 A1,

DE 196 54 846 A1, DE 196 54 593 A1, DE 197 04 044.6 A1,

DE 198 80 129 A1, DE 198 61 088 A1, DE 199 80 312 A1,

PCT/DE 00/01869, DE 100 36 627 A1, DE 100 28 397 A1,

DE 101 10 530 A1, DE 101 11 014 A1, PCT/EP 00/10516,

EP 01 102 674 A1, DE 198 80 128 A1, DE 101 39 170 A1,

DE 198 09 640 A1, DE 199 26 538.0 A1, DE 100 50 442 A1, sowie

die PCT/EP 02/02398, DE 102 40 000, DE 102 02 044,

DE 102 02 175, DE 101 29 237, DE 101 42 904, DE 101 35 210,

EP 01 129 923, PCT/EP 02/10084, DE 102 12 622, DE 102 36 271,

DE 102 12 621, EP 02 009 868, DE 102 36 272, DE 102 41 812,

DE 102 36 269, DE 102 43 322, EP 02 022 692, ebenso wie die

EP 02 001 331 und die EP 02 027 277.

Akte: PACT41

Obwohl es sich bei der XPP-Architektur um eine zur Laufzeit rekonfigurierbare Architektur mit grobgranularen Logikzeileinheiten und feingranularer Steuer- bzw. Statuslogik handelt, wird einsichtig sein, daß sich die Erfindung in wesentlichen Aspekten auch anwenden läßt auf vollständig oder partiell nicht-laufzeitrekonfigurierbare, insbesondere nur einmalig konfigurierbare Einheiten, die grob- und/oder feingranular sein können. Die Verwendbarkeit mit FPGA-Architekturen etc. sei explizit erwähnt.

10

Es ist bereits vorgeschlagen worden, eine Konfiguration aus mehreren per se verwendbaren auszuwählen anhand der momentanen Konfigurierbarkeit unter geometrischen Aspekten, der Ressourcenverfügbarkeit und/oder auszuwählen aufgrund von Geschwindigkeitsaspekten.

15

Dies kann die Auswahl erleichtern, stellt aber oftmals nur unzureichende Kriterien dar. Es ist wünschenswert, die Konfigurationsauswahl weiter verbessern zu können.

20

Es ist weiter oftmals möglich, eine bestimmte Datenverarbeitungsaufgabe selbst auf unterschiedliche Weise durchzuführen. So ist etwa eine Reihe von Algorithmen bekannt, die es erlauben, einen Satz Daten auf unterschiedliche Weise zu sortieren. Auch hier ist es erforderlich, zwischen unterschiedlichen Algorithmen, die prinzipiell geeignet sind, eine bestimmte Datenverarbeitungsaufgabe zu bewältigen, aufgrund von objektivierbaren Kriterien zu wählen. Daß diese Wahl zur Laufzeit und/oder davor erfolgen kann, sei erwähnt.

30

Insgesamt ist es somit wünschenswert, Auswahlmöglichkeiten bei der Datenverarbeitung mit konfigurierbaren multidimensionalen Prozessorfeldern zu verbessern.

- 5 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Neues für die gewerbliche Anwendung bereitzustellen.

Die Lösung dieser Aufgabe wird in unabhängiger Form beansprucht. Bevorzugte Ausführungsformen finden sich in den Unteransprüchen.

10

Die vorliegende Erfindung schlägt somit in einem ersten Grundgedanken ein Verfahren zur Auswahl eines aus einer Vielzahl von Wegen zur Erzielung eines Datenverarbeitungsergebnisses bei der Datenverarbeitung unter zumindest möglicher Verwendung multidimensionaler Felder konfigurierbarer Datenhandhabungselemente vor, bei welchem vorgesehen ist, daß den Datenhandhabungselementen konfigurationsabhängig verbrauchsbezogene kennzeichnende Größen zugeordnet werden und eine Wegauswahl anhand der Zuordnung erfolgt.

15

20

Ein erster Grundgedanke kann somit in der Erkenntnis gesehen werden, daß bestimmten Datenverarbeitungswegen typische Leistungs- bzw. Energieaufnahmewerte zugeordnet werden können, um dann eine Wegauswahl unter Berücksichtigung derselben vorzunehmen. Als Erzielung eines Datenverarbeitungsergebnisses wird auch eine bestimmte Art und Weise einer Zwischenergebnisberechnung und/oder einer Datenhandhabung etc. betrachtet. Durch die Zuordnung verbrauchs-kennzeichnender Größen wird also eine wesentliche Objektivierung der Wegauswahl möglich.

25

30

Akte: PACT41

Die Auswahl eines Weges kann beispielsweise die Wahl eines gegebenen Algorithmus aus einer Vielzahl unterschiedlicher Algorithmen umfassen, sei es für Aufgaben wie das Sortieren von Daten, bestimmte mathematische Transformationen oder dergleichen. Liegen in einer Programmmodul-Bibliothek etwa mehrere Sortieralgorithmen, Algorithmen zur Bestimmung einer Fourier-Transformierten oder dergleichen vor, so kann z. B. zu jeder eine verbrauchskennzeichnende Größe ermittelt werden und es wird dann unter Berücksichtigung derselben eine Auswahl vorgenommen. So wird es möglich, Algorithmen zu wählen, die beispielsweise einen besonders niedrigen Energieverbrauch besitzen. Dies kann für mobile Anwendungen wie bei Laptops, Funktelefonen und dergleichen sinnvoll sein, bietet aber auch in Bereichen Vorteile, bei denen sehr rechenintensive Aufgaben zu bewältigen sind, etwa in Servern, Basestations usw., wo die in einer Verarbeitungseinheit erzeugte Leistung weggekühlt und/oder abgeführt werden muß. Durch die Erfindung können so Systemgesamtkosten minimiert werden.

Es ist weiter möglich, für ein und denselben Algorithmus eine Vielzahl unterschiedlicher Konfigurationen vorzusehen, etwa unter Berücksichtigung verschiedener, simultan und/oder sequenziell auf das multidimensionale Feld zu konfigurierender Teilaufgaben, und dann eine Auswahl aus diesen unter Auswertung der jeweils zugeordneten Größe vorzunehmen.

Weiter ist es möglich, unter Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens darüber zu befinden, ob eine gegebene Aufgabe der Datenverarbeitung, bzw. eine Teilaufgabe, dem betrachteten multidimensionalen Feld konfigurierbarer Datenhandhabungselemente und/oder einem anderen Element zur Datenverarbeitung außerhalb des multidimensionalen Feldes zugeordnet werden

- soll; so kann etwa darüber entschieden werden, ob dann, wenn das multidimensionale Feld als Koprozessor dient, eine bestimmte Teilaufgabe besser auf einer rein sequenziell arbeitenden CPU oder dem rekonfigurierbaren, typisch als Datenflußprozessor oder dergleichen arbeitenden multidimensionalen Feld abgearbeitet werden soll. Es ist auch möglich, über das Erfordernis oder die Sinnhaftigkeit dedizierter Schaltkreise wie ASICs für bestimmte Aufgaben zu befinden.
- 10 Typisch wird es sich bei dem Feld konfigurierbarer Datenhandhabungselemente um ein zweidimensionales Feld handeln. Es sei erwähnt, daß die Erfindung für Felder wie FPGAs, XPP-Prozessoren usw. anwendbar ist. Es ist besonders bevorzugt für zur Laufzeit konfigurierbare, insbesondere partiell zur Laufzeit ohne Störung nicht umzukonfigurierende Elemente teil-rekonfigurierbarer Prozessorfelder.
- 15

- In typischen Anwendungen wie bei XPP-Feldern werden als zu berücksichtigende Datenhandhabungselemente insbesondere zu-
- 20 mindest einige, bevorzugt alle der Elemente Busse, Register, ALUs, RAMs, I/O-Ports sowie konfigurierende Einheiten (CT's) erfaßt. Es sei darauf hingewiesen, daß von bestimmten dieser Teile nur eine abgeschätzte oder partielle Verbrauchsberücksichtigung erforderlich ist; so brauchen etwa bei Bussen lediglich bestimmte Treiberstufen und dergleichen berücksichtigt werden. Weiter kann es erforderlich sein, auch Taktbeschaltungen mit zu erfassen, sei es, weil in bestimmten Datenverarbeitungswegen eine Voll- oder Teilabschaltung eines Taktzweiges möglich ist, sei es, weil bestimmte Schaltungsbe-
- 25
- 30 reiche mit einem unterschiedlichen Takt versorgt werden können oder müssen.

Akte: PACT41

Es ist bevorzugt, wenn der kennzeichnende Wert nur grob abgeschätzt wird, etwa dahingehend, daß festgestellt wird, ob ein bestimmtes Element momentan verwendet wird und/oder konfiguriert ist, oder ob es stattdessen nicht verwendet wird und gegebenenfalls sogar von einer Spannungsversorgung, bis auf einen Wake-up-Schaltkreis und/oder von einer Taktversorgung zumindest weitgehend abgeklemmt ist. Es ist also nicht erforderlich, eine absolut exakte Verbrauchskennzeichnung vorzunehmen, etwa unter Festlegung des Verbrauchs der spezifischen algebraischen Operation, die einer jeweiligen arithmetisch-logischen Einheit aktuell und/oder dauerhaft zugeordnet wird. Vielmehr kann es ausreichend sein, die verbrauchskennzeichnende Größe nur dahingehend zu bestimmen, ob und wie weit tatsächlich das jeweilige Element im Augenblick verwendet wird. Ausnahmen hiervon sind möglich. Eine Ausnahme kann insbesondere gemacht werden für Operationen wie Multiplikationen, bei denen sehr große Schaltkreisflächen mit Leistung versorgt werden müssen. In einem solchen Fall kann eine weitere Detaillierung vorgesehen werden.

20

Es ist möglich und bevorzugt, jedem unterschiedlichen Datenhandhabungselement unterschiedliche Kennzahlen, wie strom- und/oder leistungsaufnahmebezogener Größen als verbrauchskennzeichnende Größen zuzuordnen. Dieses kann gegebenenfalls in taktabhängiger Weise (Leistungsaufnahme pro Taktfrequenz) geschehen. Weiter ist es möglich, eine Auswahl unter Berücksichtigung eines Summenwertes vorzunehmen, also über die Betrachtung des Gesamtverbrauchs oder abgeschätzten Gesamtverbrauchs eines betrachteten Weges zu entscheiden.

30

Die Auswahl wird typisch nicht alleine unter Berücksichtigung der verbrauchskennzeichnenden Größen erfolgen, sondern kann

Akte: PACT41

andere Parameter miterfassen, etwa eine erforderliche Ausführungszeit, erforderliche Ressourcen auf einem multidimensionalen Feld, eine aktuelle oder erwartete Prozessorauslastung durch andere Aufgaben und/oder eine aktuell gewünschte beziehungsweise erwartete oder zulässige Leistungsaufnahme.

Die Auswahl des jeweiligen Weges kann vor der eigentlichen Datenverarbeitung erfolgen, etwa bei der Festlegung von später zu ladenden Konfigurationen unter mehreren, theoretisch implementierbaren Konfigurationen. In einem solchen Fall ist es besonders bevorzugt, wenn die kennzeichnende Größe während der Simulation der Datenverarbeitungsfunktionen mit ermittelt wird. Alternativ kann vorgesehen werden, daß die Auswahl unter verschiedenen möglichen Wegen während der Laufzeit erfolgt. In einem solchen Fall werden etwa mehrere mögliche Algorithmen, z. B. um Daten zu sortieren, bereitgestellt, es wird dann abgefragt, wie viele einzelne Daten zu sortieren sind und wie gegebenenfalls der Ordnungsgrad dieser Daten ist und es wird erst danach eine Auswahl unter verschiedenen, vorher bestimmten Algorithmen anhand der ihnen zugeordneten parametrisierten Verbrauchskennzeichnungsgrößen wie der Gesamtleistungsaufnahme usw. vorgenommen. Analog kann auch eine Konfiguration zur Laufzeit abhängig von z. B. einer momentan möglichen oder gewünschten Stromaufnahme erfolgen.

Die Erfindung wird im folgenden und beispielsweise beschrieben, ohne daß Bezug genommen wird auf eine

Figur.

Es wird zunächst eine gewünschte Art der Daten-Bearbeitung festgelegt, die auf dem Prozessorfeld durchgeführt werden

Akte: PACT41

soll. Beispielsweise wird ein Viterbi-Algorithmus programmiert und eine für das betrachtete Prozessorfeld geeignete Konfiguration bestimmt. Es wird dann ermittelt, welche Einheiten auf dem Prozessorfeld verwendet werden und über wie viele Takte dies geschieht. Bei der Betrachtung der verwendeten Elemente werden in einem Beispiel berücksichtigt ALUs, Vorwärts- und Rückwärts-Register (FREG und BREG) sowie Schalter in Bussen (LSW und RSW). Es wird dann der gesamte Energieverbrauch je Elementart bestimmt und anschließend der gesamte Energieverbrauch aller unterschiedlichen Einheiten. Die Energieverbrauchswerte für ein einzelnes Element je Takt sind ihrerseits abgeschätzt aus Simulationen der Hardwareschaltungen bei der betrachteten Architektur und sind für das Verfahren der Erfindung tabellarisch hinterlegt.

15

In dem betrachteten praktischen Beispiel sind für die Implementierung eines gegebenen Viterbi-Algorithmus 10 ALUs, 17 Vorwärtsregister, 23 Rückwärtsregister sowie 30 Busschalter (LSW) in einer und 35 Schalter in der entgegengesetzten Richtung (RSW) erforderlich. Bei einem Energieverbrauch von 4,85 pW/Hz je ALU, 7,01 pW/Hz pro FREG, 7,02 pW/Hz je BREG sowie 2,03 pW/Hz je Busschalter ergibt sich folgende Tabelle:

25

Number of cycles: 1582

Energy consumption

30

			Einzelkennzahl		Gesamtkennzahl
ALU:	10,00	x	4,85	=	48,50
FREG:	17,00	x	7,01	=	119,17
BREG:	23,00	x	7,02	=	161,46
LSW:	30,00	x	2,03	=	60,90
RSW:	35,00	x	2,03	=	71,05

35

Total: 461,08 pW/Hz

Akte: PACT41

Es kann nun der Implementierung der Viterbi-Transformation ein Gesamtleistungsverbrauch von 461,08 pW/Hz zugeordnet werden und dieser so erhaltene Wert verglichen werden mit Werten, die bei anderen Algorithmen und/oder Konfigurationen erhalten werden und/oder durch dedizierte Schaltkreise wie ASICs zu erhalten sind.

Akte: PACT41

13

Deutsche Patentanmeldung

Anmelder: PACT XPP Technologies AG
Muthmannstrasse 1
D-80939 München

Vertreter: Patentanwalt
Claus Peter Pietruk
Heinrich-Lilienfein-Weg 5
D-76229 Karlsruhe
Vertreter-Nr. 321 605

Titel: Datenverarbeitungsergebniserzielungsweg-
optimierungsverfahren

Patentansprüche

1. Verfahren zur Auswahl eines aus einer Vielzahl von Wegen zur Erzielung eines Datenverarbeitungsergebnisses bei der Datenverarbeitung unter zumindest möglicher Verwendung multidimensionaler Felder konfigurierbarer Datenhandhabungselemente, dadurch gekennzeichnet, daß den Datenhandhabungselementen konfigurationsabhängig leistungsaufnahmebezogene kennzeichnende Größen zugeordnet werden und eine Wegauswahl unter Zuordnungsbewertung erfolgt.
2. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß einer aus einer Vielzahl unterschiedlicher Algorithmen ausgewählt wird.

Akte: PACT41

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine aus einer Vielzahl unterschiedlicher Konfigurationen ausgewählt wird.
- 5 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß über die Zuordnung einer gegebenen Datenverarbeitungsaufgabe und/oder -teilaufgabe an ein multidimensionales Feld konfigurierbarer Datenhandhabungselemente und/oder einer anderen Datenverarbeitungsarchitektur, insbesondere an ein ASIC, und/oder an eine rein sequenziell arbeitende CPU bei der Wegauswahl entschieden wird.
- 10
- 15 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweidimensionales Feld konfigurierbarer Datenhandhabungselemente betrachtet wird.
- 20 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Auswahl aus einem zur Laufzeit konfigurierbaren, insbesondere störungsfrei partiell rekonfigurierbaren Prozessorfeld vorgenommen wird.
- 25 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als konfigurierbare Datenhandhabungselemente zumindest einige, bevorzugt alle der Elemente Busse, Register, ALUs, RAMs und/oder andere grobgranulare Datenhandhabungselemente betrachtet werden.
- 30 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der kennzeichnende Wert unabhängig von der tatsächlichen aktuell zugeordneten Aufgabe

Akte: PACT41

nur davon abhängig gewählt wird, ob das jeweilige Datenhandhabungselement überhaupt verwendet wird oder nicht.

- 5 9. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Konfiguration eine eigene Kennzahl bei der Verwendung zugeordnet wird.
- 10 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine strom-, arbeits- und/oder leistungsbezogene Größe als verbrauchskennzeichnende Größe zugeordnet wird.
- 15 11. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß eine Auswahl unter Berücksichtigung eines Summenwertes verbrauchskennzeichnender Größen erfolgt.
- 20 12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Auswahl unter Berücksichtigung weiterer Größen erfolgt, insbesondere einer erforderlichen Ausführungszeit und/oder erforderlicher Ressourcen, einer aktuellen Prozessorauslastung und/oder einer aktuell gewünschten und/oder möglichen Leistungsaufnahme.
- 25 13. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß eine Auswahl vor der eigentlichen Datenverarbeitung erfolgt.
- 30 14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kennzeichnungsgrößen bei

Akte: PACT41

der Simulation einer Datenverarbeitung bereitgestellt
und/oder ausgewählt werden.

- 5 15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, da-
durch gekennzeichnet, daß eine Auswahl zur Laufzeit er-
folgt.

Akte: PACT41

2

Deutsche Patentanmeldung

Anmelder: PACT XPP Technologies AG
Muthmannstrasse 1
D-80939 München

Vertreter: Patentanwalt
Claus Peter Pietruk
Heinrich-Lillienfein-Weg 5
D-76229 Karlsruhe
Vertreter-Nr. 321 605

Titel: Datenverarbeitungsergebniserzielungsweg-
optimierungsverfahren

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Auswahl eines aus
einer Vielzahl von Wegen zur Erzielung eines Datenverarbei-
tungsergebnisses bei der Datenverarbeitung unter zumindest
möglicher Verwendung multidimensionaler Felder konfigurierba-
rer Datenhandhabungselemente. Hierbei ist vorgesehen, daß den
Datenhandhabungselementen konfigurationsabhängig leistungs-
aufnahmebezogene kennzeichnende Größen zugeordnet werden und
eine Wegauswahl unter Zuordnungsbewertung erfolgt.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.